

# Система поддержки решений для привилегированных судов



Нелли СЕДОВА

Nelli A. SEDOVA

**Разработана система поддержки принятия решений для судоводителей, базирующаяся на международных правилах предупреждения столкновений судов в море, а также на рекомендациях так называемой «хорошей морской практики». Сформирован перечень вопросов и ответов для общения управляющей системы с пользователями, а также варианты заключений, которые должен получать судоводитель. Представлены семантическая сеть и продукционные правила разработанной системы для привилегированных судов. Демонстрируются древо принятия решений, результаты тестирования системных особенностей предложенной модели.**

*Ключевые слова:* водный транспорт, морское судоходство, правила предупреждений столкновений в море, автоматизированная система управления, семантическая сеть, древо принятия решений, привилегированное судно, уступающее судно, лингвистические неопределенности, тестирование.

*Седова Нелли Алексеевна – кандидат технических наук, научный сотрудник учебно-научной лаборатории нелинейных и интеллектуальных систем управления Морского государственного университета им. адмирала Г.И. Невельского, Владивосток, Россия.*

**С**татистика аварий при эксплуатации судов убедительно свидетельствует, что в подавляющем большинстве случаев (80–90%) аварийные ситуации, опасные инциденты создаются с участием или по вине человека, ибо он быстро утомляется, способен одновременно перерабатывать лишь небольшой поток информации с невысокой скоростью, не в состоянии контролировать экстремальные процессы.

Снизить или даже полностью исключить человеческий фактор можно с помощью автоматических систем управления. Несмотря на попытки создать такие системы, задача до сих пор остается актуальной, хотя применяемые сейчас модели искусственного интеллекта открывают новые и постоянно растущие возможности. В частности, несомненный прогресс достигнут в сфере повышения эффективности эксплуатационных и управленческих показателей, касающихся водного транспорта, а публикуемая статья в этом плане показывает значимость экспертных систем для автоматизации поиска и поддержки решений на отраслевом уровне.

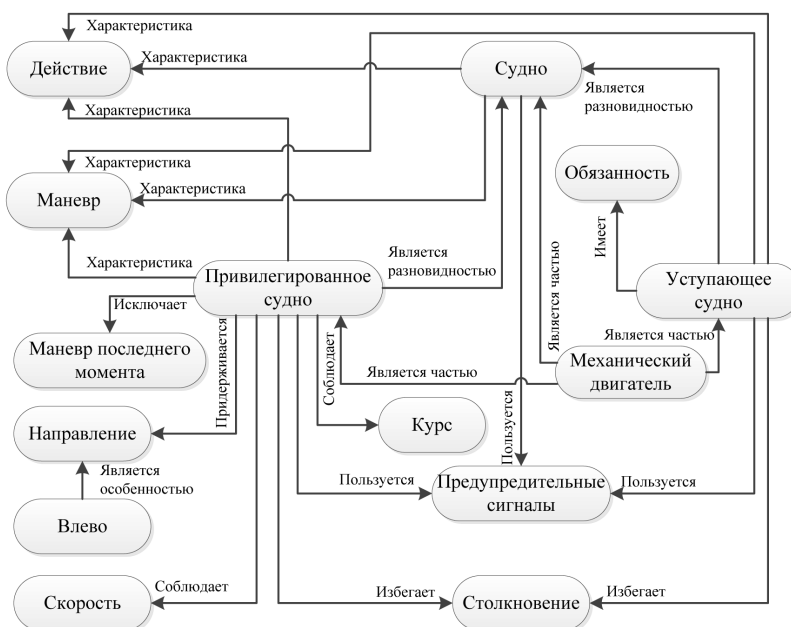


Рис. 1. Семантическая сеть СППР.

### I.

Правило 17 МППСС (международных правил предупреждений столкновений судов в море) [1] определяет действия судна, «которому уступают дорогу». При этом в комментариях [2, 3] отмечено, что объект, которому уступают, называется привилегированным судном (ПС). И именно для него предназначен предлагаемый вариант системы поддержки принятия решений (СППР). Такая разработка является одним из модулей экспертной системы обеспечения безопасного мореплавания и маневрирования судов при ограниченной видимости, которая базируется на правилах 11–18 МППСС.

Все понятия и отношения между ними, связанные с правилом 17, сведены в семантическую сеть, показанную на рис. 1.

Сформирован перечень вопросов и предложены варианты ответов на них, благодаря чему СППР на естественном языке «общается» с пользователем:

1. *Должно ли данное судно уступить дорогу другому в случае пересечения курсов с этим другим судном?* (правило 17 пункт (а) [1]; пункт 1 комментариев к правилу 17 в [2]): «да», «нет».

2. *Судно, которое должно уступить дорогу, предприняло какое-либо действие, чтобы избежать столкновения?* (правило 17 пункт (а) (ii); пункт 2 в [2]): «да», «нет».

3. *Является ли необходимым данному привилегированному судну отправлять пре-*

*дупредительные сигналы судно, которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий?* (комментарии к правилу 17 в [2], пункты 2, 5): «является», «не является».

4. *Является ли данное судно судном с механическим двигателем?* (правило 17 пункт (с)): «да», «нет».

5. *В случае, если столкновение по-прежнему неизбежно, может ли данное судно прибегать к собственным маневрам, чтобы не столкнуться с судном, которое должно уступить дорогу?* (правило 17 пункт (а) (ii)): «да», «нет».

6. *Судно, которое должно уступить дорогу, находится слева от данного привилегированного судна с механическим двигателем?* (правило 17 пункт (с)): «да», «нет».

Одновременно сформирован перечень заключений, которые должна выдавать СППР:

**Заключение 1.** Привилегированное судно не должно раньше времени прибегать к активным действиям, избегая столкновения, а должно сохранять свой курс и скорость, но может подать звуковой или какой-либо другой сигнал, предупреждающий об опасной ситуации, на который уступающее судно может отреагировать (комментарии к правилу 17 в [2], пункты 2, 5).

**Заключение 2.** Действия привилегированного судна должны выполняться





до сближения на расстояние, требующее применения маневра последнего момента (комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2).

**Заключение 3.** Судно, не имеющее привилегий, не освобождается от выполнения обязанности уйти от столкновения, несмотря на возможность привилегированного судна предпринимать собственные действия и способствовать предотвращению столкновения, а также сделать это заранее, чтобы не ввести в замешательство привилегированное судно (правило 17 пункт (d) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 7).

**Заключение 4.** Привилегированное судно должно сохранять свой курс и скорость, не прибегая к каким-либо действиям, мешающим уступающему судну избежать столкновения (правило 17 пункт (a) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 4).

**Заключение 5.** Судно, являющееся судном с механическим двигателем, должно предпринять такое действие, которое наилучшим образом поможет предотвратить столкновение. Действия привилегированного судна с механическим двигателем должны выполняться до сближения на расстояние, требующее применения маневра последнего момента (правило 17 пункты (b) и (c) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункты 2, 4, 5, 6).

**Заключение 6.** Когда судно, обязанное сохранять курс и скорость, обнаруживает, что оно находится настолько близко к другому судну, что столкновения нельзя избежать только действием судна, уступающего дорогу, оно должно предпринять такое действие, которое наилучшим образом поможет предотвратить столкновение (правило 17 пункт (b)) [1].

**Заключение 7.** Судно с механическим двигателем, являющееся привилегированным, должно предпринять такое действие, которое может предотвратить столкновение, но если другое судно находится слева от него, то привилегированное судно не должно, если позволяют обстоятельства, изменить курс влево, а должно предпринять другое действие, повернув вправо и (или) изменить режим работы двигателя (уменьшить скорость, остановить машины, дать задний ход). Из этих маневров наиболее предпочтительным является

решительное изменение курса вправо, если такое изменение возможно (правило 17 пункт (c) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 5).

## II.

Далее предлагается перечень правил на естественном языке, каждое из которых составляется по принципу: если (посылка), то (заключение).

**Правило 1. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (a)) [1]; судно, которое должно уступить дорогу, не предприняло никаких действий, чтобы избежать столкновения (правило 17 пункт (a) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2); привилегированное судно не считает необходимым отправлять предупредительные сигналы судну (комментарии к правилу 17 в [2], пункты 2, 5), которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий (правило 17 пункт (a) (ii) [1]), **то** (привилегированное судно не должно раньше времени прибегать к активным действиям, избегая столкновения, а должно сохранять свой курс и скорость (правило 17 пункт (a) (i) [1]), но может подать звуковой сигнал или какой-либо другой сигнал, предупреждающий об опасной ситуации, на которое уступающее судно может отреагировать (комментарии к правилу 17 в [2], пункты 2, 5));

**Правило 2. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (a) [1]); не считает необходимым отправлять предупредительные сигналы судну, которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий; судно, которое должно уступить дорогу, не предприняло никаких действий, чтобы избежать столкновения (правило 17 пункт (a) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2); не является судном с механическим двигателем; столкновение по-прежнему неизбежно, но данное судно не может прибегать к собственному маневру, чтобы не столкнуться с судном, которое должно уступить дорогу (правило 17 пункт (a) (ii) [1]), **то** (действия

привилегированного судна должны выполняться до сближения на расстояние, требующее применения маневра последнего момента (комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2));

**Правило 3. Если** (данное судно должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (а) [1])), **то** (судно, не имеющее привилегий, не освобождается от выполнения обязанности уйти от столкновения, несмотря на возможность привилегированного судна предпринимать собственные действия и способствовать предотвращению столкновения (правило 17 пункт (d) [1]), а также сделать это заранее, чтобы не ввести в замешательство привилегированное судно (комментарий к правилу 17 в [2], пункт 4));

**Правило 4. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (а) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, предприняло действие, чтобы избежать столкновения (правило 17 пункт (а) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2)), **то** (привилегированное судно должно сохранять свой курс и скорость, не прибегая к каким-либо действиям, мешающим уступающему судну избежать столкновения (правило 17 пункт (а) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 4));

**Правило 5. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (а) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, не предприняло действие, чтобы избежать столкновения (правило 17 пункт (а) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2); привилегированное судно считает необходимым отправлять предупредительные сигналы судну (комментарий к правилу 17 в [2], пункты 2, 5), которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий (правило 17 пункт (а) (ii) [1]); является судном с механическим двигателем (правило 17 пункт (с) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, не находится слева от привилегированного судна (правило 17 пункт (с) [1])), **то** (судно, являющееся судном с механическим двига-

телем (правило 17 пункт (с) [1]), должно предпринять такое действие, которое наилучшим образом поможет предотвратить столкновение (правило 17 пункт (b) [1]). Действия привилегированного судна с механическим двигателем должны выполняться до сближения на расстояние, требующее применения маневра последнего момента (правило 17, пункты (b) и (с); комментарии к правилу 17 в [2], пункты 2, 4, 5, 6));

**Правило 6. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт а) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, не предприняло никаких действий, чтобы избежать столкновения (правило 17 пункт (а) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2); привилегированное судно считает необходимым отправлять предупредительные сигналы судну (комментарий к правилу 17 в [2], пункты 2, 5), которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий (правило 17 пункт (а) (ii) [1]); не является судном с механическим двигателем; столкновение по-прежнему неизбежно, но данное судно может прибегать к собственному маневру, чтобы не столкнуться с судном, которое должно уступить дорогу (правило 17 пункт (а) (ii) [1])), **то** (когда судно, обязанное сохранять курс и скорость, обнаруживает, что оно находится настолько близко к другому судну, что столкновения нельзя избежать только действием судна, уступающего дорогу, оно должно предпринять такое действие, которое наилучшим образом поможет предотвратить столкновение (правило 17, пункт (b) [1]));

**Правило 7. Если** (данное судно не должно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном (правило 17 пункт (а) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, не предприняло действие, чтобы избежать столкновения (правило 17, пункт (а) (ii) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 2); привилегированное судно считает необходимым отправлять предупредительные сигналы судну (комментарий к правилу 17 в [2], пункты 2, 5), которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало



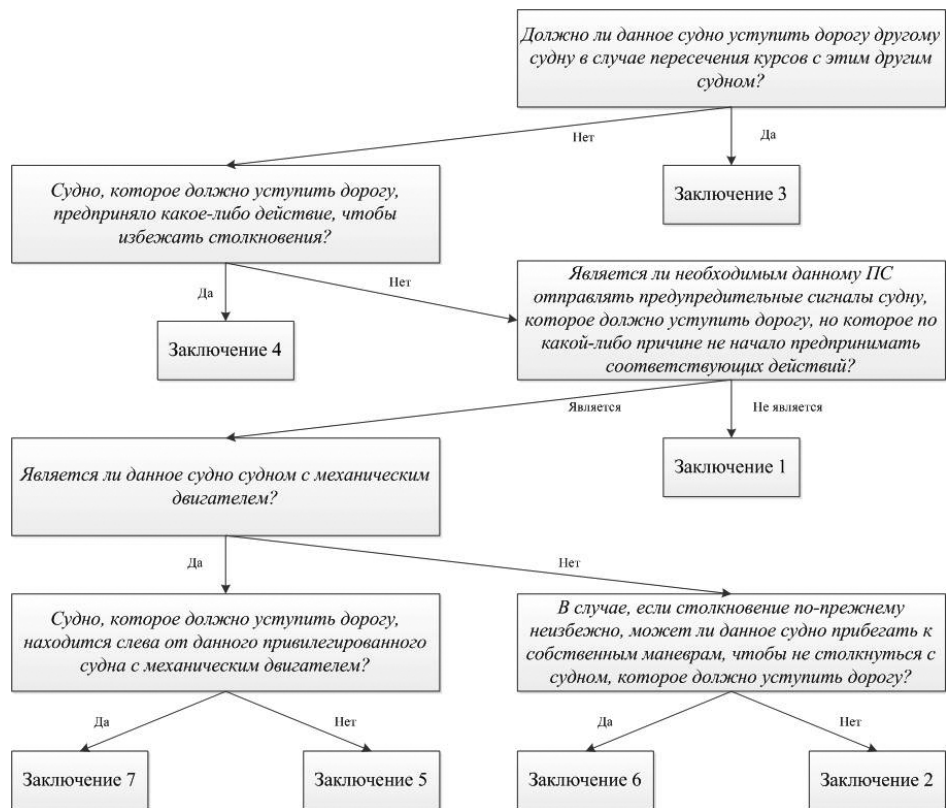


Рис. 2. Древо принятия решений.

Select ONE OR MORE values:

Судно, которое должно уступить дорогу, предприняло какое-либо действие, чтобы избежать столкновения?

- 1: Да
- 2: Нет

Select ONE OR MORE values:

Должно ли данное судно уступить дорогу другому судну в случае пересечения курсов с этим другим судном?

- 1: Да
- 2: Нет

Select ONE OR MORE values:

Является ли необходимым данному привилегированному судну отправлять предупредительные сигналы судну, которое должно уступить дорогу, но которое по какой-либо причине не начало предпринимать соответствующих действий?

- 1: Является
- 2: Не является

Results
<p>ПС не должно раньше времени прибегать к активным действиям, избегая столкновения, а сохранять свой курс и скорость, но может подать звуковой сигнал или какой-либо другой сигнал, предупреждающий об опасной ситуации, на которое уступающее судно может отреагировать</p>

Рис. 3. Тестовый пример работы СППР.

предпринимать соответствующих действий (правило 17 пункт (а) (ii) [1]); является судном с механическим двигателем (правило 17 пункт (с) [1]); судно, которое должно уступить дорогу, находится слева от привилегированного судна (правило 17 пункт (с) [1]), то (судно с механическим двигателем (правило 17 пункт (с) [1]), являющееся привилегированным, должно предпринять та-

кое действие, которое может предотвратить столкновение (правило 17 пункт (b) [1]), но если другое судно находится слева от него, привилегированное судно не должно, если позволяют обстоятельства, изменить курс влево, а должно предпринять другое действие, повернув вправо и (или) изменить режим работы двигателя (уменьшить скорость, остановить машины, дать задний

ход). Из этих маневров наиболее предпочтительным является решительное изменение курса вправо, если оно возможно (правило 17 пункт (с) [1]; комментарий к правилу 17 в [2], пункт 5)).

### III.

Дерево принятия решений, итожащее системное построение, представлено на рис. 2.

Реализация СППР для привилегированных судов осуществлялась с помощью оболочки Rulebook [4].

Тестирование СППР показало её работоспособность и адекватность тестовым примерам. Например, взяв ситуацию (рис. 3), когда судно, являющееся привилегированным, не посчитало нужным отпирать предупреждающие сигналы уступающему судну, которое не начало предпринимать действия. Здесь наглядно, как и в прочих случаях, видна логика действующих правил.

В настоящее время автором проводится разработка аналогичных СППР, базирую-

щихся на остальных правилах МППСС, что в дальнейшем позволит иметь общую экспертную систему, способную содействовать принятию решений в различных ситуациях, возникающих в море. Намеченные исследования помогут, надо полагать, учесть и выявленные в правилах МППСС лингвистические неопределенности, что даст возможность судоводителям быстрее и точнее находить более безопасные пути движения.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Международные правила предупреждений столкновений судов в море, 1972 г. / Под ред. Н. А. Долотова, Н. А. Паламарчука; Главное управление навигации и океанографии МО СССР. – М., 1982. – 87 с.
2. Яскевич А. П., Зурабов Ю. Г. Комментарии к МППСС-72: Справочник. – М.: Транспорт, 1990. – 479 с.
3. Коккрофт А. Н., Ламейер Дж. Н. Ф. Толкование МППСС-72: Пер. с англ. / Под. ред. Н. Я. Брызгина. – М.: Транспорт, 1981. – 280 с.
4. Черняховская Л. Р., Старцева Е. Б., Никулина Н. О. Исследование методики разработки баз знаний на основе экспертной системы EXSYS и книги правил RULEBOOK: Методические указания к лабораторным работам. – Уфа: УГАТУ, 1997. – 18 с.

## SYSTEM OF DECISION-MAKING SUPPORT FOR PRIVILEGED SHIPS

**Sedova, Nelli A.** – Ph.D. (Tech), researcher at the educational and research laboratory of nonlinear and intelligent control systems of admiral G. Nevelskoy Sea State University, Vladivostok, Russia.

*The described system of decision-making support is intended for navigators and takes into account International Regulations for Preventing Collisions at Sea as well as the recommendations of Good Practice Guidance. The researcher has established a list of questions and answers for a communication of a control*

*system with the users, and the variants of conclusions that a navigator finally receives. The article describes the semantic network and productive rules of the developed system for privileged vessels, demonstrates a decision making tree, and the results of a testing of system features of the suggested model.*

*Key words:* sea transport, sea navigation, collision prevention regulations, automatic control system, semantic network, privileged vessel, burdened vessel, linguistic ambiguity, testing.

### REFERENCES

1. International Regulations for Preventing Collisions at Sea [Mezhdunarodnye pravila preduprezhdeniy stolknoveniy sudov v more, 1972 goda]. Ed. by N. A. Dolotov, N. A. Palamarchuk, Glavnoe upravlenie navigatsii i okeanografii MO SSSR, Moscow, 1982, 87 p.
2. Yaskevich A. P., Zurabov Yu. G. Commentaries to International Rules of Preventing Collision at Sea (COLIREGS) [Kommentarii k MPPSS-72]. Reference book. Moscow, Transport publ., 1990, 479 p.
3. A. N. Cockcroft, J. N. F. Lameijer. Guide to the Collision Avoidance Rules [Russian title: Tolkovanie MPPSS-72]. Russian publication edited by N. Ya. Bryzgin. Moscow, Transport publ., 1981, 280 p.
4. Chernyahovskaya L. R., Startseva E. B., Nikulina N. O. Study on the methods of development of learning base on the basis of expert system EXSYS and rules guide RULEBOOK. Methodical guide for laboratory works [Issledovanie metodiki razrabotki baz znaniy na osnove ekspertnoy sistemy EXSYS i knigi pravil RULEBOOK: Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam]. Ufa, UGATU, 1997, 18 p.

Координаты автора (contact information): Седова Н. А. (Sedova N. A.) – nellyfish81@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 04.03.2013  
Принята к публикации / article accepted 10.04.2013

